

气温热浪与居民心脑血管疾病死亡关系的病例交叉研究

刘玲 张金良

【摘要】 目的 探讨北京市气温热浪(热浪)对当地居民每日心脑血管疾病死亡人数的影响。方法 运用病例交叉设计方法,分析北京市1999年1月1日至2000年6月30日期间热浪对居民每日心脑血管疾病死亡人数的影响,同时研究其对每日急性心肌梗死(AMI)死亡人数的影响。选择死亡发生前第7天作为自身对照,分别计算不同长度的危险期OR值,以最高OR值及其对应的危险期来反映热浪过程对居民心脑血管疾病死亡人数影响的大小、滞后天数及持续时间。结果 研究期间共发生5次热浪。第1次持续9 d,最高气温为38.8℃,平均湿度为46.7%,居民每日心脑血管疾病死亡、脑血管疾病死亡和AMI死亡的OR值分别为1.384(95%CI:1.128~1.697)、1.776(95%CI:1.456~2.167)和1.276(95%CI:0.905~1.799);第2次热浪持续3 d,最高气温为36.8℃,平均湿度为61.0%,3种死因每日死亡的OR值分别为1.385(95%CI:0.678~2.826)、1.300(95%CI:0.726~2.329)和2.000(95%CI:0.684~5.851);第3次热浪持续7 d,最高气温为41.5℃,平均湿度为58.5%,3种死因每日死亡的OR值分别为2.613(95%CI:2.116~3.228)、2.317(95%CI:1.875~2.863)和3.088(95%CI:2.098~4.546);第4次持续3 d,最高气温为39.6℃,平均湿度为31.9%,3种死因每日死亡的OR值分别为1.333(95%CI:0.724~2.457)、2.429(95%CI:1.007~5.856)和3.333(95%CI:0.917~12.112);第5次热浪持续4 d,最高气温为37.4℃,平均湿度为42.0%,3种死因每日死亡OR值分别为2.333(95%CI:1.187~4.588)、1.727(95%CI:0.822~3.630)和1.800(95%CI:0.603~5.371)。结论 (1)热浪对居民心脑血管疾病死亡有影响,且存在滞后效应,滞后期为2~4 d,其中AMI死亡的滞后期较短,为0~2 d;(2)热浪开始当天日最高气温较前一天升温的幅度越大,对居民心脑血管疾病死亡人数影响的滞后期越短,死亡风险越大,对脑血管疾病死亡影响更大;(3)热浪期间日最高气温的波动可以增加居民心脑血管疾病死亡的风险。

【关键词】 心脑血管疾病;气温热浪;病例交叉研究;每日死亡人数

A case-crossover study between heat waves and daily death from cardiovascular and cerebrovascular disease LIU Ling, ZHANG Jin-liang. Department of Environmental Pollution and Health, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Ministry of Environment Protection, Beijing 100012, China

Corresponding author: ZHANG Jin-liang, Email: zhangjl@craes.org.cn

This work was supported by a grant from the Special Operations of Basic Research in Central Level of Commonweal Scientific Research Institutes, Chinese Research Academy of Environmental Sciences (No. 2007KYYW06)

【Abstract】 Objective To explore the impact of heat wave on the daily deaths caused by cardiovascular disease and cerebrovascular diseases in Beijing. **Methods** A case-crossover design was used to study the impact of 5 heat waves on the daily number of deaths from cardiovascular diseases and cerebrovascular disease, from Jan. 1, 1999 to Jun. 30, 2000. We also investigated the relationship between the heat wave and acute myocardial infarction deaths. The 7th day before death was chosen as the indicator of self-control. The OR value of different lengths of risk period was calculated. The highest OR value and its corresponding risk period was used to reflect the impact of heat wave on daily number of cardiovascular and cerebrovascular disease deaths, lag days and their durations. **Results** There were five heat waves during the study period. The first heat wave lasted for 9 days, with the maximum temperature as 38.8℃ and average humidity as 46.7%. The OR value for the cardiovascular disease death, cerebrovascular disease death and acute myocardial infarction death

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2010.02.015

基金项目: 中国环境科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务专项(2007KYYW06)

作者单位: 100012 北京, 中国环境科学研究院

通信作者: 张金良, Email: zhangjl@craes.org.cn

were 1.384 (95% CI: 1.128–1.697), 1.776 (95% CI: 1.456–2.167) and 1.276 (95% CI: 0.905–1.799) respectively. The second heat wave lasted 3 days, with the maximum temperature of 36.8 °C and average humidity of 61.0%. The OR value for the three causes of death were 1.385 (95% CI: 0.678–2.826), 1.300 (95% CI: 0.726–2.329) and 2.000 (95% CI: 0.684–5.851) respectively. The third heat wave continued for 7 days, with the maximum temperature of 41.5 °C, and average humidity of 58.5%. The OR value for the daily death counts caused by cardiovascular disease, cerebrovascular diseases and acute myocardial infarction were 2.613 (95% CI: 2.116–3.228), 2.317 (95% CI: 1.875–2.863) and 3.088 (95% CI: 2.098–4.546) respectively. The fourth wave lasted for 3 days, with the maximum temperature as 39.6 °C and average humidity as 31.9%. The OR value for the deaths caused by cardiovascular disease, cerebrovascular diseases and acute myocardial infarction were 1.333 (95% CI: 0.724–2.457), 2.429 (95% CI: 1.007–5.856) and 3.333 (95% CI: 0.917–12.112) respectively. The fifth heat wave lasted for 4 days. The maximum temperature was 37.4 °C, and the average humidity was 42.0% during the period. The OR value for daily death counts caused by cardiovascular disease, cerebrovascular disease and acute myocardial infarction were 2.333 (95% CI: 1.187–4.588), 1.727 (95% CI: 0.822–3.630) and 1.800 (95% CI: 0.603–5.371) respectively. **Conclusions** (1) There were significant increases for daily death counts of both cardiovascular and cerebrovascular disease in Beijing during the heat wave and there appeared hysteresis effect as well. The lag phase of cardiovascular disease and cerebrovascular disease death was generally 2–4 days and acute myocardial infarction death usually was 0–2 days. (2) The rising of maximum temperature was greater at the beginning day of heat wave than the previous day, but the lag time was shorter, and the risk of death was greater, especially for the risk of deaths from cerebrovascular disease. (3) Fluctuations of daily maximum air temperature during the heat wave could increase the risk of death from cardiovascular disease.

【Key words】 Cardiovascular and cerebrovascular disease; Heat wave; Case-crossover study; Daily death

随着气候变暖,全球极端天气事件增多,特别是热浪的频率增加和程度加剧,对城市发展和市民健康的影响越来越大。热浪很容易影响患有心血管疾病和呼吸系统疾病的患者,导致病情恶化而死亡^[1]。目前国际上对热浪影响健康的研究方法较多,近年来病例交叉设计的方法^[2,3]已被应用于心脏病、伤害^[4]、车祸、大气污染^[5]以及气象健康等很多领域,但关于热浪与死亡之间关系的病例交叉研究较少,Stafoggia等^[6]曾利用该方法比较 20 °C 和 30 °C 不同温度段对居民死亡的影响。因此,为定量地反映热浪与健康之间的关系,本研究利用病例交叉方法,研究北京市 1999 年 1 月 1 日至 2000 年 6 月 30 日期间热浪事件对居民每日心脑血管疾病死亡人数的影响,同时研究其对急性心肌梗死(AMI)死亡人数的影响,为开展预测预报工作减少或预防热浪对健康的危害提供科学依据。

资料与方法

1. 数据收集:

(1) 热浪事件的确定: 1999 年 1 月 1 日至 2000 年 6 月 30 日气象资料由北京城市气象研究所提供,主要包括日最高气温、最低气温、平均气温和湿度等;根据中国气象局规定的日最高温度不低于 35 °C,持续不少于 3 d 即为热浪的定义,确定 1999 年 6 月 24 日至 7 月 2 日、7 月 16–18 日、7 月 23–29 日和 2000 年的 6 月 13–15 日、6 月 18–21 日为热浪天气。由于本研究针

对热浪开展研究,因此以夏季为研究期间。根据中国气象局的规定,日平均气温高于 22 °C 时为夏季,最后确定本研究的研究期间为 1999 年 6 月 2 日至 9 月 16 日,2000 年 5 月 24 日至 6 月 30 日。本研究按照一般习惯以热浪开始日(即热浪的当天)记为 0 d。

(2) 死亡资料: 北京市 8 个城区居民逐日死亡资料来自北京市疾病预防控制中心。死亡原因采用国际疾病分类(ICD-9)。本文报告热浪对居民心脑血管疾病死亡的影响以及对 AMI 死亡的影响。

2. 分析方法:

(1) 研究对象的确定: 以研究期间所有心脑血管疾病死亡病例为研究对象。第 3 次热浪开始日与第 2 次热浪结束日仅相差 4 d,为排除干扰,1999 年 7 月 5–22 日和 8 月 3–9 日期间的死亡病例不纳入本次研究的病例范围;第 5 次热浪开始日与第 4 次结束日仅相差 2 d,且第 5 次热浪结束日与 6 月 30 日很接近,为便于比较,两次热浪采用相同的对照期,第 4 次热浪选择死亡发生后第 15 天为对照,而第 5 次热浪选择死亡发生后第 10 天为对照。

(2) 暴露效应期的确定: 根据病例交叉设计,病例期即危险期,是死亡发生前的一段时间;对照期为病例期外特定的一段时间。因此,采用配对设计比较病例期和对照期热浪天气的暴露情况。如果热浪天气与心脑血管疾病死亡相关,那么死亡发生时(前)一段时间内热浪天气的暴露频率应该高于对照期内的暴露频率。如何选择暴露效应期是本研究的

关键。

暴露效应期是指因为暴露导致事件发生改变的时间,即因为暴露所致的危险度增加或减少的一个时间段。如果暴露的效应存在延迟或滞留现象,那么暴露效应期并不正好等于暴露期,而是事件发生前最小延迟时间与最大滞留时间之差。危险期和暴露效应期的长度一致,这个时间段非常重要,因为相对危险度(*RR*)的估计值直接取决于效应期的持续时间(即危险期长短),无论过长还是过短都会导致非特异性错分,从而降低每日心脑血管疾病死亡人数与热浪的关联程度,使事件与暴露的关联不能得到正确评价。因此暴露效应期持续时间的最佳估计值应该使非特异性错分最小,也就是*RR*的最大估计值^[7]。

本次研究的5次热浪期持续时间不同,其对居民不同死因死亡人数的影响天数也不相同,有研究发现热浪对死亡影响可能存在的滞后效应^[8],热浪对居民死亡影响的暴露效应期与其影响的持续天数和滞后天数有关,因此为了更准确地估计每次热浪对死亡影响的暴露效应期的长短,研究中首先对每次热浪选择不同长度的可能危险期时(热浪持续天数±3 d)分别计算各死因别死亡的*OR*值,最后以最大*OR*值对应的时间来确定每一次热浪的暴露效应期。根据确定的暴露效应期判断每次热浪过程对居民死亡影响的滞后天数和持续时间,并以这个最大的*OR*值反映本次热浪对该种死因每日死亡人数的影响大小。

3. 统计学分析:利用SPSS 13.0软件中的配对病例对照方法进行统计分析。配对病例对照研究中,如果**b+c**≤25,运用精确概率法直接计算*P*值;反之则可以计算 χ^2 值,其中**b+c**≥40时,使用未校正的公式;25≤**b+c**≤40时,使用校正的公式。

结 果

1. 热浪事件和期间内居民每日死亡的基本情况:

(1)第1次热浪事件:为1999年6月24日至7月

2日,日平均气温为29.9℃,最热日的最高气温达38.8℃。期间仅6月27日有微量降雨(表1)。本次热浪第2天起,居民脑血管疾病死亡人数迅速增多,死于心血管疾病(包括AMI)的人数则在热浪第4天才开始增多;但是死亡高峰均发生于热浪第10天,即热浪结束后第2天(图1)。

(2)第2次热浪事件:为1999年7月16—18日。17日最高气温为36.8℃。17、18日有微量降雨,空气中平均相对湿度比第1次热浪时高(表1)。本次热浪对居民每日心脑血管疾病死亡人数的影响只有1 d,其中,脑血管疾病死亡的高峰发生于热浪第2天,心血管疾病死亡包括AMI死亡的高峰发生于热浪的第3天(图2)。

(3)第3次热浪事件:为1999年7月23—29日。热浪开始当天最高气温即由22日的34.4℃升高到39.4℃,24日达到41.5℃,25日下降到37.3℃,至热浪最后一天又升高到38.4℃。本次热浪过程中每日最低气温均在24℃以上,平均日温差只有6.4℃。日平均气温高于30℃,24日达到33.8℃。此次热浪过程无降雨(表1)。本次热浪第2天,心脑血管疾病死亡人数开始增多,死亡高峰均发生在热浪的第6天(图3)。

(4)第4次热浪事件:为2000年6月13—15日。其中最高气温为39.6℃。日最低气温较低,均在20℃左右。此次热浪过程无降水,且空气中相对湿度较低(表1)。第4次热浪的影响不明显,心脑血管疾病的死亡人数只有1 d较高,且滞后天数较短,死亡高峰发生于热浪开始当天,AMI死亡的高峰在热浪的第1天;而脑血管疾病死亡的高峰发生于热浪的第4天,即该次热浪结束后第2天(图4)。

(5)第5次热浪事件:为2000年6月18—21日。本次热浪期间日最高气温变化不大。20日有微量降雨,空气湿度较第4次热浪时稍高(表1)。第5次热浪对心脑血管疾病死亡人数的影响只有1~2 d。心血管疾病包括AMI死亡人数的高峰均在热浪第2天;脑血管疾病死亡人数在本次热浪期间变化不大(图4)。

表1 1999—2000年北京市5次热浪的具体情况

热浪次序	年份	发生时间 (月-日)	持续 天数	最高 气温 (℃)	平均 气温 (℃)	平均 日温差 (℃)	与热浪前- 周相比 最高气温平均升幅 (℃)	热浪后 降温幅度 (℃)	平均 湿度 (%)	日平均 湿度最高值 (%)
1	1999	6-24至7-2	9	38.8	29.9	15.1	7.0	4.7	46.7	53.2
2		7-16至18	3	36.8	29.3	13.1	6.9	1.1	61.0	61.7
3		7-23至29	7	41.5	32.2	6.4	4.1	7.1	58.5	69.4
4	2000	6-13至15	3	39.6	30.5	16.3	5.2	5.4	31.9	36.6
5		6-18至21	4	37.4	29.6	14.1	3.9 ^a	3.9	42.0	45.0

注:^a第5次热浪与第4次热浪前一周相比最高气温平均升幅(℃)

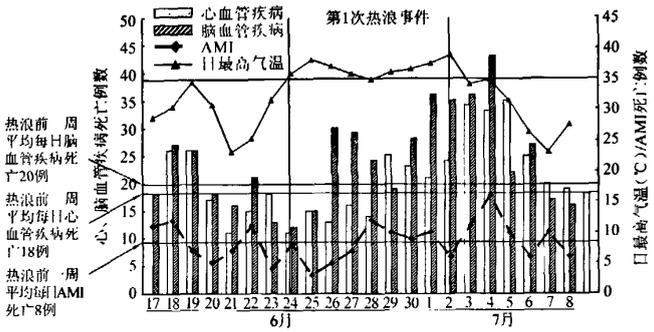


图1 1999年北京市第1次热浪期间日最高气温及居民每日心脑血管疾病死亡情况

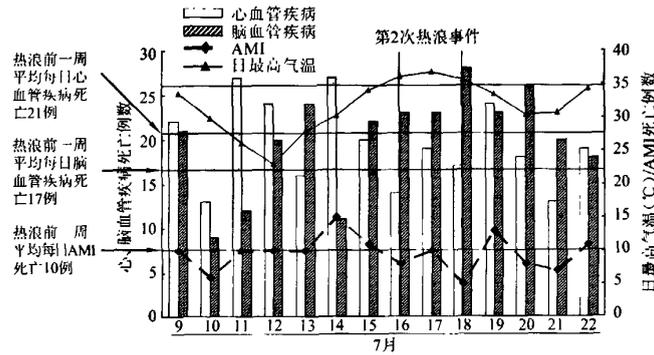


图2 1999年北京市第2次热浪期间日最高气温及居民每日心脑血管疾病死亡情况

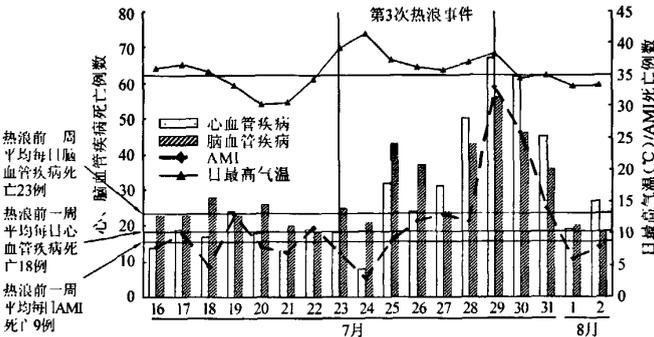


图3 1999年北京市第3次热浪期间日最高气温及居民每日心脑血管疾病死亡情况

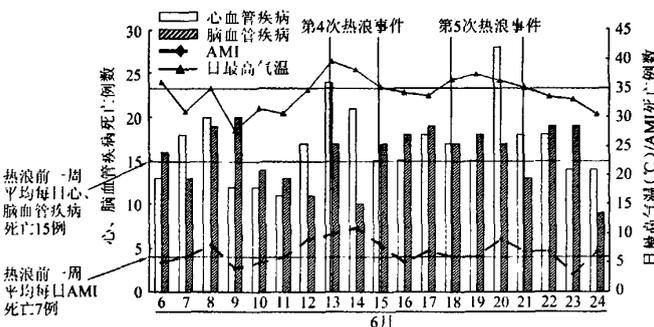


图4 2000年北京市第4次和第5热浪期间日最高气温及居民每日心脑血管疾病死亡情况

2. 热浪事件对居民死亡影响的分析: 见表2。第1次热浪对居民心脑血管疾病死亡影响的滞后期均为4 d;与心血管疾病相比,本次热浪过程对脑血管疾病死亡的影响较大($OR=1.776, 95\% CI: 1.456 \sim 2.167$)。第2次热浪中,心血管疾病死亡和脑血管疾病死亡的滞后期均为4 d,而AMI死亡的高峰在热浪第1天。第3次热浪中,心脑血管疾病死亡受影响的滞后期均为2 d;本次热浪过程对心血管疾病死亡和脑血管疾病死亡的影响比前几次热浪的影响大,分别为 $OR=2.613 (95\% CI: 2.116 \sim 3.228)$ 和 $OR=2.317 (95\% CI: 1.875 \sim 2.863)$,对AMI死亡的影响也较前几次热浪明显。第4次热浪对心血管疾病的影响在热浪开始当天,脑血管疾病死亡的滞后期为2 d;此过程对脑血管疾病死亡的影响较心血管疾病死亡大。第5次热浪对脑血管疾病死亡影响的滞后期为4 d,心血管疾病死亡滞后2 d,此过程对心血管疾病死亡有影响($OR=2.333, 95\% CI: 1.187 \sim 4.588$)。

讨论

1. 病例交叉设计在气象与健康研究中的应用: 目前我国有关高温天气与居民健康关系的研究大多利用多元回归分析,建立预报模型。该方法常用于逐日气象因素与逐日死亡资料的比较分析,研究热浪与超额死亡率的关系^[9,10],对气候有关疾病的预防起到很好的作用。陈正洪等^[11]利用逐步回归方法建立逐日中暑死亡数的统计预报模型,发现中暑死亡数与前期气象因子的相关好于与当日气象因子的相关, $\geq 36 \sim 37^\circ C$ 累积温度与中暑死亡数相关最好,持续极端高温是引发大量中暑死亡的根本原因。本研究利用病例交叉设计,也证明高温热浪对死亡的影响有滞后效应,且危害程度与热浪持续时间有关。刘方等^[12]利用时间序列分析对北京市脑卒中死亡与气温之间的关系进行研究,发现脑卒中的复发主要受夏季高温影响。任传成等^[13]的研究也显示,脑梗死组发病多见于高温天气。本研究同样发现夏季高温热浪对脑血管疾病死亡影响很大。Susanna等^[9]研究意大利2003年热浪对74岁以上老年人的影响时发现,最高气温峰值和死亡率峰值相关($r=$

表 2 1999—2000 年北京市 5 次热浪与居民心脑血管疾病死亡人数的关系

热浪次序	死因	滞后天数	影响天数	OR 值(95%CI)	χ^2 值	P 值
1	心血管疾病	4	8	1.384(1.128 ~ 1.697)	9.499	0.002
	脑血管疾病	4	9	1.776(1.456 ~ 2.167)	32.438	<0.001
	AMI	4	7	1.276(0.905 ~ 1.799)	1.930	0.165
2	心血管疾病	4	1	1.385(0.678 ~ 2.826)	0.516	0.472
	脑血管疾病	4	1	1.300(0.726 ~ 2.329)	0.543	0.461
	AMI	1	1	2.000(0.684 ~ 5.851)	1.602	0.206
3	心血管疾病	2	7	2.613(2.116 ~ 3.228)	84.840	<0.001
	脑血管疾病	2	7	2.317(1.875 ~ 2.863)	63.532	<0.001
	AMI	2	6	3.088(2.098 ~ 4.546)	32.656	<0.001
4	心血管疾病	0	1	1.333(0.724 ~ 2.457)	0.595	0.440
	脑血管疾病	2	1	2.429(1.007 ~ 5.856)	-	0.064
	AMI	0	1	3.333(0.917 ~ 12.112)	3.345	0.067
5	心血管疾病	2	1	2.333(1.187 ~ 4.588)	5.625	0.018
	脑血管疾病	4	1	1.727(0.822 ~ 3.630)	1.633	0.201
	AMI	2	1	1.800(0.603 ~ 5.371)	1.111	0.292

注: *精确概率法求得的 Exact P 值

0.430, $P < 0.01$)。其对滞后期的研究中发现死亡数与最高气温之间最大的相关关系为滞后 3 d 时($r = 0.568, P < 0.01$)。本研究也得到类似结果,热浪对心脑血管疾病死亡影响的滞后期一般为 2~4 d。

与时间序列分析等研究方法相比,病例交叉设计不是用统计学模型来控制许多潜在的混杂因素,而是通过采用自身对照的方法,有效地控制个体特异性的混杂因素,如年龄、遗传、社会经济因素等。本研究用病例交叉研究的设计思路,得到了与其他研究相似的结果,即高温热浪天气与居民心脑血管疾病死亡有关系,且其影响存在滞后效应,并定量描述热浪对不同死因的影响,得出确切的 OR 值。

2. 热浪对死亡的影响特点:

(1)热浪期间日最高气温及其持续时间对居民心脑血管疾病死亡的影响:热浪期间日最高气温越高、持续时间越长,对居民心脑血管疾病死亡的影响越大。5 次热浪中,第 3 次持续时间较长,且 7 d 中有 5 d 最高气温超过 37 °C,该次热浪对心脑血管疾病死亡的影响最大。而第 2 次、第 4 次和第 5 次热浪的影响较小。Abbas 等^[14]的研究发现,气温高于最低死亡温度(T_{MM})时,死亡率随温度上升而升高显著,温度平均每升高 1 °C,死亡率增加 12.3%(95%CI: 5.7%~19.4%)。刘方等^[12]用时间序列分析发现周平均气温与缺血性卒中发病呈“U”形关系。卒中发病除受低温影响外,还与夏季高温有关,且高温天气时,温度越高,发病危险越大。

(2)气温小幅回落后再次升高会增加心脑血管疾病死亡的风险:本研究发现,高温期间日最高气温的波动可能对死亡有影响。第 4 次热浪结束,气温小

幅回落 2 d 后又升高,第 5 次热浪开始。虽然第 5 次热浪最高气温较第 4 次低,但第 5 次热浪时的死亡高峰高于第 4 次。第 1 次和第 3 次热浪中也有类似现象,心脑血管疾病每日死亡人数随气温变化而起落,但是最高峰均出现在热浪最后一天。因此热浪期间日最高气温的波动对心脑血管疾病的死亡可能会有影响,尤其气温回落后再一次升高时的影响较大。

(3)热浪对心脑血管疾病死亡的影响存在滞后效应:Reinhard 等^[15]对 1995 年发生在芝加哥的热浪进行研究发现,死亡的高峰要比热浪气温最高的那天晚 2 d 发生。意大利的研究中发现热浪引起的超额死亡会滞后 2~4 d^[9]。本研究发现,热浪对心脑血管疾病死亡的影响均存在 2~4 d 的滞后期。而 AMI 的超额死亡除第 1 次热浪滞后 4 d 发生外,其余几次热浪时的滞后期一般为 0~2 d,即 AMI 患者对热浪的发生可能更加敏感。本研究同时发现,热浪开始后升温的幅度越大,各死因的滞后期越短。第 3 次和第 4 次热浪开始当天最高气温均超过 39 °C,且均比前一天升高了 4.95 °C,而这两次热浪期间各种死因的滞后期均较其他几次热浪短。因此,日最高气温升幅较高的天气应当警惕,其对心脑血管疾病死亡影响的滞后期有可能较短。且由于滞后效应的影响,即使热浪结束后死亡人数仍然可能较高。

(4)热浪对心脑血管疾病死亡的影响:①对心脑血管疾病死亡的影响:Jan 等^[16]对芝加哥 1995 年热浪期间入院率的调查发现,心血管疾病的入院率比平时增加 30%($P = 0.033$)。Reinhard 等^[15]对 1995 年芝加哥热浪的研究发现,1686 例超额死亡中,死于气温过高的 473 例(28.1%)中有 93.7%的病例死于心血管疾病。Rajpal 等^[17]在英国的研究发现,1999 年热浪相关疾病死亡中有 71%是心血管疾病。除热浪事件对居民心脑血管疾病死亡有影响外,本研究同时发现,心血管疾病死亡可能与热浪期间日最高气温的起伏有关,日最高气温波动较大的第 3 次热浪和经过小幅降温后日最高气温又升高的第 5 次热浪中,心血管疾病死亡的 OR 值均较高。Susanna 等^[9]的研究发现,意大利 2003 年热浪期间 AMI 死亡人数占全死因死亡的 2.8%,而 2002 年同期该比例只有 1.4%。本研究发现,第 3 次热浪对 AMI 死亡影响的 OR 值为 3.088。②对脑血管疾病死亡的影响:Rooney 等^[18]在英国的研究显示,1995 年一次持续 5 d 的热浪中,超额死亡大部分死于呼吸系统疾病和脑血管疾病。Susanna 等^[9]研究 2003 年意大利热浪对 74 岁以上老年人的影响时发现,老年人的主要死因依次为脑血

管疾病、严重呼吸系统疾病、严重肾脏疾病和痴呆等。本研究也发现热浪持续时间较长且日最高气温较高的第 1 次和第 3 次热浪,对居民脑血管疾病死亡影响较大。同时发现,热浪开始当天升温幅度较高,脑血管疾病死亡受影响可能更大,第 1 次、第 3 次和第 4 次热浪开始当天的日最高气温与前一天相比的升幅均 > 4 °C,这几次热浪期间脑血管疾病死亡的 OR 值也较高。③热浪期间空气相对湿度对心脑血管疾病死亡的影响:黄明北等^[19]在武汉地区研究发现,脑血管疾病与湿度呈正相关。董蕙青等^[20]在南京市的研究发现,脑梗死死亡人数与相对湿度呈正相关($r=0.2669$)。而韩健康等^[21]在湖州市的研究发现,心脑血管疾病日发病数与湿度($r=-0.038$, $P=0.309$)无明显相关性,他们用决策树自动交互检测法分析时还发现,当相对湿度低于 65.8% 时,心脑血管发病水平较低。本次研究的 5 次热浪期间相对湿度均不是很高,第 2 次热浪时最高(61.0%),其次为第 3 次,但第 2 次热浪对居民心脑血管疾病死亡均未见明显影响,可能与该次热浪事件的温度不高及持续时间较短有关。而持续时间均较长的第 1 次和第 3 次热浪中,后者的热浪影响要大于前者。因此,热浪期间对心脑血管疾病死亡影响较大的因素可能首先是温度和持续时间,但热浪期间湿度越高,影响可能会越大。

本次研究针对北京市的 5 次热浪与市民心脑血管疾病死亡的关系进行探讨,发现北京市夏季热浪对居民心脑血管疾病死亡的影响存在滞后效应,滞后期为 2~4 d,而 AMI 死亡的滞后期较短,一般为 0~2 d。同时发现热浪期间日最高气温越高,升温越急,热浪持续时间越长,对心脑血管疾病死亡的影响越大,若期间温度有所回落后再次升高,影响可能会更大。这对今后根据热浪的不同特点,对居民健康的影响进行预测预报工作可能有新的帮助。

参 考 文 献

[1] Tan JG, Huang JX. The impact of heat waves on human health and the research methods. *Climat Environ Res*, 2004, 9(4): 680-686. (in Chinese)
谈建国,黄家鑫. 热浪对人体健康的影响及其研究方法. *气象与环境研究*, 2004, 9(4): 680-686.

[2] Maclure M. The case-crossover design: a method for studying transient effects on the risk of acute events. *Am J Epidemiol*, 1991, 133: 144-153.

[3] Borges G, Cherpitel C, Mittleman M. Risk of injury after alcohol consumption: a case-crossover study in the emergency department. *Soc Sci Med*, 2004, 58: 1191-1200.

[4] Hu YS. Case-crossover study. *Chin J Dis Control Prev*, 2001, 5(4): 341-343. (in Chinese)
胡以松. 病例交叉研究. *疾病控制杂志*, 2001, 5(4): 341-343.

[5] Kan HD, Chen BH, Jia J. A case-crossover study of ambient air

pollution and daily mortality in Shanghai. *Chin J Epidemiol*, 2003, 24(10): 863-867. (in Chinese)
阙海东,陈秉衡,贾健. 上海市大气污染与居民每日死亡关系的病例交叉研究. *中华流行病学杂志*, 2003, 24(10): 863-867.

[6] Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D, et al. Vulnerability to heat-related mortality: a multi-city, population-based, case-crossover analysis. *Epidemiology*, 2006, 17: 315-323.

[7] Zhang Z, Zhan SY. Case-crossover design. *Chin J Epidemiol*, 2001, 22(8): 304-306. (in Chinese)
张政,詹思延. 病例交叉设计. *中华流行病学杂志*, 2001, 22(8): 304-306.

[8] Susanna C, Paola M, Giada M, et al. Epidemiologic study of mortality during the summer 2003 heat wave in Italy. *Environ Res*, 2005, 98: 390-399.

[9] Susanna C, Maria M, Paola M, et al. General and specific mortality among the elderly during the 2003 heat wave in Genoa (Italy). *Environ Res*, 2007, 103: 267-274.

[10] Tan JG, Yin HB, Lin SB, et al. The system of monitoring and warning on heat waves and health in Shanghai. *J Appl Meteorol Sci*, 2002, 3(13): 356-363. (in Chinese)
谈建国,殷鹤宝,林松柏,等. 上海热浪与健康监测预警系统. *应用气象学报*, 2002, 3(13): 356-363.

[11] Chen ZH, Wang ZC, Yang HQ, et al. The statistical prediction model of heat risk in urban. *Meteorol Sci Technol*, 2002, 2(30): 98-104. (in Chinese)
陈正洪,王祖承,杨宏青,等. 城市暑热危险度统计预报模型. *气象科技*, 2002, 2(30): 98-104.

[12] Liu F, Zhang JL, Lu C. The relationship of temperature and stroke incidence in Beijing: a time-series study. *Chin J Epidemiol*, 2004, 25(11): 962-966. (in Chinese)
刘方,张金良,陆晨. 北京市气温与脑卒中发病关系的时间序列研究. *中华流行病学杂志*, 2004, 25(11): 962-966.

[13] Ren CC, Ye TX, Fan HY, et al. An investigation on the association between meteorological factors and cerebrovascular diseases. *Stroke Nervous Dis*, 1998, 3(5): 120-124. (in Chinese)
任传成,叶天雄,范华燕,等. 动态气象变化对脑血管病发病的影响. *卒中与神经疾病杂志*, 1998, 3(5): 120-124.

[14] Abbas EZ, Mylene TS, Gebran N. A time-series analysis of mortality and air temperature in Greater Beirut. *Sci Total Environ*, 2004, 330: 71-78.

[15] Reinhard K, Alain LT, Joel S, et al. The effect of the 1995 heat wave in Chicago on all-cause and cause-specific mortality. *Am J Public Health*, 2007, 97(S1): S158-162.

[16] Jan CS, Joel EM, Dana FW, et al. Excess hospital admissions during the July 1995 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med*, 1999, 16(4): 269-277.

[17] Rajpal RC, Weisskopf MG, Rumm PD, et al. Wisconsin, July 1999 heat wave: an epidemiologic assessment. *Wisc Med J*, 2000, 99(5): 41-44.

[18] Rooney C, McMichel AJ, Kovats RS, et al. Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave. *J Epidemiol Community Health*, 1998, 52: 482-486.

[19] Huang MB, Li ZY, Bai YX, et al. The research on correlation of meteorological factors and acute cerebral vascular disease. *Climat Environ Res*, 1999, 4(1): 35-39. (in Chinese)
黄明北,李子渊,白友仙,等. 气象因素与急性脑血管病的相关研究. *气候与环境研究*, 1999, 4(1): 35-39.

[20] Dong HQ, Li X, An AP, et al. Relationship between death of brain apoplexy and meteorologic factors in Nanning. *J Guangxi Ac Sci*, 2005, 21(2): 127-129. (in Chinese)
董蕙青,李雄,安爱萍,等. 南宁市脑卒中疾病死亡与气象要素的关系. *广西科学院学报*, 2005, 21(2): 127-129.

[21] Han JK, Liu XQ, Gu ZW, et al. Study on the association between cardio-cerebral vascular diseases and meteorological factors. *Zhejiang Prev Med*, 2008, 20(12): 8-16. (in Chinese)
韩健康,刘小琦,顾志伟,等. 湖州市心脑血管疾病与气象因素的关系分析及预报研究. *浙江预防医学*, 2008, 20(12): 8-16.

(收稿日期: 2009-08-14)
(本文编辑: 张林东)